

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-140700

(43)Date of publication of application : 17.05.2002

(51)Int.Cl.

G06T 1/00
H04N 1/60
H04N 1/46
H04N 9/68
// H04N101:00

(21)Application number : 2000-336394

(71)Applicant : KEIOGIJUKU

(22)Date of filing : 02.11.2000

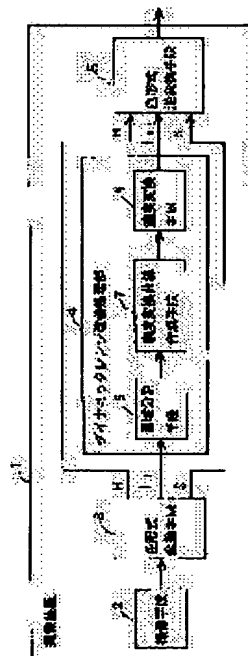
(72)Inventor : NAKAJIMA MASATO
ANDO SHINGO
IMAI SATOKO

(54) METHOD AND DEVICE FOR PROCESSING COLOR IMAGE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To automatically reduce information volume disappearing at the time of outputting color picture data generated by an electronic image pickup device to a monitor or a printer.

SOLUTION: A color image processor is provided with a color type conversion means 3 for generating a lightness image of hue/saturation/lightness space regulated by a cylindrical coordinate system from a primary color image, an area division means 6 for analyzing the texture of the lightness image and dividing the lightness image into plural areas on the basis of the analytical result, a density conversion curve preparation means 7 for preparing the density conversion curve of the lightness image by smoothing the histogram of each divided area, a density conversion means 8 for converting the density of the lightness image by using the density conversion curve, and a color type reverse conversion means 5 for generating a primary color image by using the lightness image whose density is converted.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.09.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.04.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3543103

[Date of registration] 16.04.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2003-09142

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 22.05.2003

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-140700

(P2002-140700A)

(43) 公開日 平成14年5月17日 (2002.5.17)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 6 T 1/00	5 1 0	G 0 6 T 1/00	5 1 0 5 B 0 5 7
H 0 4 N 1/60		H 0 4 N 9/68	Z 5 C 0 6 6
1/46		101: 00	5 C 0 7 7
9/68		1/40	D 5 C 0 7 9
// H 0 4 N 101: 00		1/46	Z
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-336394(P2000-336394)

(22) 出願日 平成12年11月2日 (2000.11.2)

(71) 出願人 598121341

学校法人慶應義塾

東京都港区三田二丁目15番45号

(72) 発明者 中島 真人

神奈川県横浜市港北区日吉三丁目14番1号

慶應義塾大学理工学部内

(72) 発明者 安藤 慎吾

神奈川県横浜市港北区日吉三丁目14番1号

慶應義塾大学理工学部内

(74) 代理人 100099254

弁理士 役 昌明 (外4名)

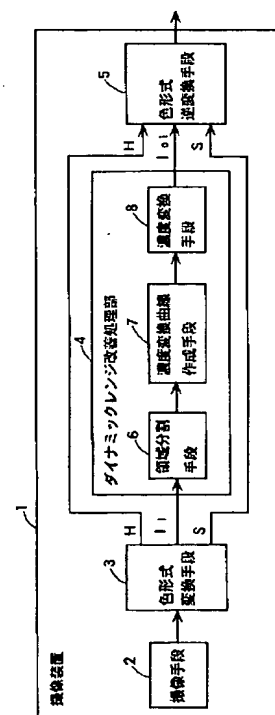
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カラー画像処理方法および処理装置

(57) 【要約】

【課題】 電子的撮像装置で生成したカラー画像データをモニタやプリンタに出力する際に消失する情報量を自動的に低減する。

【解決手段】 カラー原色画像から、円筒座標系で規格化した色相／彩度／明度空間の明度画像を生成する色形式変換手段3と、前記明度画像のテクスチャを解析し、前記解析結果に基づいて前記明度画像を複数の領域に分割する領域分割手段6と、前記分割された領域毎のヒストグラムを平滑化することにより前記明度画像の濃度変換曲線を作成する濃度変換曲線作成手段7と、前記濃度変換曲線を用いて明度画像の濃度変換を行う濃度変換手段8と、前記濃度変換を受けた明度画像を用いてカラー原色画像を生成する色形式逆変換手段5とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 カラー原色画像から、円筒座標系で規格化された色相／彩度／明度空間の明度画像を生成するステップと、

前記明度画像のテクスチャを解析し、前記解析結果に基づいて前記明度画像を複数の領域に分割するステップと、

前記分割された領域毎のヒストグラムを平滑化することにより前記明度画像の濃度変換を行うステップと、

前記濃度変換を受けた明度画像を用いてカラー原色画像を生成するステップとを備えたことを特徴とするカラー画像処理方法。

【請求項 2】 前記ヒストグラムを平滑化するとき、前記領域毎の濃度ヒストグラムを作成し、各領域の濃度のばらつき具合をもとに、前記ヒストグラムの平滑化の度合いを決定する第 1 のクリップ値を定めることを特徴とする請求項 1 記載のカラー画像処理方法。

【請求項 3】 各領域の濃度のばらつき具合に加え、各領域のテクスチャの複雑さを用いて前記第 1 のクリップ値を定めることを特徴とする請求項 2 記載のカラー画像処理方法。

【請求項 4】 各領域のヒストグラム平滑化の度合いを弱め、かつ領域全体の明るさを均一に変化させる第 2 のクリップ値を前記第 1 のクリップ値と併せて用いることを特徴とする請求項 2 記載のカラー画像処理方法。

【請求項 5】 カラー原色画像から、円筒座標系で規格化された色相／彩度／明度空間の明度画像を生成する手段と、

前記明度画像のテクスチャを解析し、前記解析結果に基づいて前記明度画像を複数の領域に分割する手段と、

前記分割された領域毎のヒストグラムを平滑化することにより前記明度画像の濃度変換を行う手段と、

前記濃度変換を受けた明度画像を用いてカラー原色画像を生成する手段とを備えたことを特徴とするカラー画像処理装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、ビデオカメラやデジタルカメラなどの電子的撮像装置に好適なカラー画像処理方法および処理装置に関し、特にダイナミックレンジを改善する方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 非常に明るい部分と非常に暗い部分とが混在する光景、例えば室内で窓を背にした人物の顔を電子的撮像装置で撮像し、その画像をモニタに表示したり、プリンタで出力したりすると、非常に明るい部分が跳んだり、非常に暗い部分が潰れたりして、電子的撮像装置の撮像素子では得られていたはずの細部情報が再現されなくなるという現象が起きる。これは、モニタやプリンタなどの画像出力装置のダイナミックレンジが、電

子的撮像装置から出力される画像のダイナミックレンジよりも狭いことに起因している。

【0003】 従来、上記のような細部情報の消失を低減するために、種々の方法が提案されている。例えば、特許第 2951909 号には、入力画像を複数の正方形子状のブロックに分割して各ブロックの平均輝度を算出し、この平均輝度に基づいて分割された領域毎に階調補正を施すようにした撮像装置の階調補正装置および階調補正方法が開示されている。

【0004】 ところが、上記特許第 2951909 号においては、入力画像の領域分割をブロックの平均輝度に基づいて行うため、例えば図 19 (a) に示すような輝度幅が狭い範囲内で輝度が階段状に変化するテクスチャ A と、同図 (b) に示すような輝度幅が広い範囲内で輝度が階段状に変化するテクスチャ B とが隣接している場合、両者が同一の領域とみなされ、同一の階調補正曲線を用いて階調補正が施される。このため、前記階調補正曲線がテクスチャ A に最適に設定された場合にはテクスチャ B の非常に明るい部分が跳んだり、非常に暗い部分が潰れたりしてしまうおそれがあった。また、前記階調補正曲線がテクスチャ B に最適に設定された場合にはテクスチャ A の階段状の輝度変化が再現されなくなるおそれがあった。

【0005】 そこで、本発明の発明者等は先に、入力画像を複数の領域に分割し、その領域毎に異なる濃度変換処理を行うダイナミックレンジ自動圧縮方法であって、入力画像のテクスチャを解析し、その解析結果に基づいて前記領域を決定することを特徴とするダイナミックレンジ自動圧縮方法を提案した（平成 11 年特許願第 333205 号）。このダイナミックレンジ自動圧縮方法によれば、従来方法に比して、有用な情報の消失を低減することができるという効果がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記ダイナミックレンジの自動圧縮方法をカラー画像に適用するための方法および装置を提供するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明に係るカラー画像処理方法は、カラー原色画像から、円筒座標系で規格化された色相／彩度／明度空間の明度画像を生成するステップと、前記明度画像のテクスチャを解析し、前記解析結果に基づいて前記明度画像を複数の領域に分割するステップと、前記分割された領域毎のヒストグラムを平滑化することにより前記明度画像の濃度変換を行うステップと、前記濃度変換を受けた明度画像を用いてカラー原色画像を生成するステップとを備えたことを特徴とする。この構成により、明度値に対してダイナミックレンジ改善処理を施すことで、彩度値に対しても同時に同程度の改善処理が可能となる。

【0008】 また、前記ヒストグラムを平滑化するとき

に、前記領域毎の濃度ヒストグラムを作成し、各領域の濃度のばらつき具合をもとに、前記ヒストグラムの平滑化の度合いを決定する第1のクリップ値を定めることを特徴とする。この構成により、濃度ヒストグラムに頻度の高い濃度部分があったとしても、過度のコントラスト強調を防止することができる。

【0009】さらに、各領域の濃度のばらつき具合に加え、各領域のテクスチャの複雑さを用いて前記第1のクリップ値を定めることを特徴とする。この構成により、濃度差の少ない物体を含む領域に対する過剰なコントラスト強調処理を防止することができる。

【0010】そして、各領域のヒストグラム平滑化の度合いを弱め、かつ領域全体の明るさを均一に変化させる第2のクリップ値を前記第1のクリップ値と併せて用いることを特徴とする。この構成により、コントラスト強調の度合いを弱め、かつ領域全体の明るさを均一にすることができる。

【0011】また、本発明のカラー画像処理装置は、カラー原色画像から、円筒座標系で規格化された明度画像を生成する手段と、前記明度画像のテクスチャを解析し、前記解析結果に基づいて前記明度画像を複数の領域に分割する手段と、前記分割された領域毎のヒストグラムを平滑化することにより前記明度画像の濃度変換を行う手段と、前記濃度変換を受けた明度画像を用いてカラー原色画像を生成する手段とを備えたことを特徴とする。このように構成することにより、明度値に対してダイナミックレンジ改善処理を施すことで、彩度値に対しても同時に同程度の改善処理が可能となる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0013】（第1の実施の形態）図1は本発明の第1の実施の形態の撮像装置の構成を示すブロック図であり、図2はその撮像装置における処理の流れの概要を示すフロー図である。

【0014】図1に示すように、撮像装置1は、撮像手段2、色形式変換手段3、ダイナミックレンジ改善処理部4、および色形式逆変換手段5を備えている。

【0015】撮像手段2はCCDなどの半導体撮像素子を備えており、被写体を撮像してRGBの原色カラー画像情報を生成し、色形式変換手段3へ出力する。

【0016】色形式変換手段3は、図2のステップS1に示すように、RGB原色カラー画像情報を、顕色系と呼ばれる、色相（H:hue）、彩度（S:saturation）、明度（I:intensity）からなるHSI空間の画像情報に変換する。

【0017】RGB空間とHSI空間とを対応付けるモデルは各種あるが、ここでは双六角錐カラーモデルによる変換を行う。双六角錐カラーモデルの概念について図3を用いて説明する。この図の（a）はRGB空間にお

ける明度軸の設定を示し、（b）は明度軸に対して垂直な面に対する射影の様子を示し、（c）は射影後の双六角錐のHSI空間を示す。

【0018】カラー画像の各画素において、RGB値から上記双六角錐カラーモデルを用いることで、HSI値が算出される。明度情報（明度値）は、カラー画像の明るさの成分を表しており、カラー画像情報から生成されるモノクロ画像情報と一致する。

【0019】そして、本発明の第1の実施の形態では、図4に示すように、双六角錐カラーモデルを円筒座標系で規格化したHSI空間を採用し、RGB→HSI変換、およびHSI→RGB変換に用いている。以下、RGB→HSI変換、およびHSI→RGB変換のアルゴリズムの一例を説明する。

【0020】RGB直交座標系において、3軸に接する立方体を考えると、R、G、Bとその補色C、M、Yは図3（a）に示すような位置関係にある。このRGB立方体の主対角軸を明度軸Iとし、一方の頂点をI=0の黒、他方の頂点をI=1の白とし、

$I = [(\max\{R, G, B\} + \min\{R, G, B\}) / 2]$ と定義する。

【0021】ここで、I軸に直交する平面にRGB立方体を平行投影すると、図3（b）に示されるような正六角形が形成される。これに対し、I軸に直交する平面上で色相H、彩度Sを図3（c）のように定義する。以下、その変換方法を示す。ただし、R、G、B、S、Iの値域は[0, 1]であり、Hは[0, 2π]の値を持つものとする。

【0022】〔1〕RGB→HSI変換

まず、Iを次式で定義する。

$I = (I_{\max} + I_{\min}) / 2$

【0023】ただし、 $I_{\max} = \max\{R, G, B\}$

$I_{\min} = \min\{R, G, B\}$

【0024】i) $I_{\max} = I_{\min}$ のとき

$S = 0$

$H = \text{不定}$

【0025】ii) $I_{\max} \neq I_{\min}$ のとき

Sを以下のように定義する。

$I \leq 0.5$ のとき: $S = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$

$I > 0.5$ のとき: $S = (I_{\max} - I_{\min}) / (2 - I_{\max} - I_{\min})$

【0026】次にr、g、bを以下のように定める。

$r = (I_{\max} - R) / (I_{\max} - I_{\min})$

$g = (I_{\max} - G) / (I_{\max} - I_{\min})$

$b = (I_{\max} - B) / (I_{\max} - I_{\min})$

【0027】最後にHを以下のように定める。

$R = I_{\max}$ のとき: $H = \pi / 3 (b - g)$

$G = I_{\max}$ のとき: $H = \pi / 3 (2 + r - b)$

$B = I_{\max}$ のとき: $H = \pi / 3 (4 + g - r)$

【0028】〔2〕HSI→RGB変換

まず、 M_1 、 M_2 を以下のように求める。

$I \leq 0.5$ のとき： $M_2 = I \cdot (1 + S)$

$I > 0.5$ のとき： $M_2 = I + S - I \cdot S$

$M_1 = 2I - M_2$

【0029】i) $S = 0$ のとき

$R = G = B = 1$

【0030】ii) $S \neq 0$ のとき

①：処理#1

$h = H + (2/3)\pi$ として、後述する処理#2を行い、得た値 X を用いて R を次のように定める。

$R = X$

【0031】 $h = H$ として後述する処理#2を行い、得た値 X を用いて G を次のように定める。

$G = X$

【0032】 $h = H - (2/3)\pi$ として、後述する処理#2を行い、得た値 X を用いて B を次のように定める。

$B = X$

【0033】②：処理#2

まず h_a を次のように定める。

$h_a = h$

$h < 0$ のとき： $h_a = h + 2\pi$

$h > 2\pi$ のとき： $h_a = h - 2\pi$

【0034】次に h_a の値によって X を以下のように定める。

$h_a < \pi/3$ のとき

$X = M_1 + (M_2 - M_1) \cdot h_a / (\pi/3)$

【0035】 $(\pi/3) \leq h_a < \pi$ のとき

$X = M_2$

【0036】 $\pi \leq h_a < (4/3)\pi$ のとき

$X = M_1 + (M_2 - M_1) \cdot ((4/3)\pi - h_a) / (\pi/3)$

【0037】 $(4/3)\pi \leq h_a < 2\pi$ のとき

$X = M_1$

【0038】このように、円筒座標系で規格化したHS

I空間を用いると、明度情報に対してダイナミックレンジの圧縮を施すことのみで、彩度情報(彩度値)に対しても同時に同程度の補正が可能となる。この点について図5を用いて説明する。図5は、円筒座標系で規格化したHSI空間のI軸とS軸を通る平面と双六角錐カラーモデルとの対応関係を示す図である。この図に示すように、円筒座標系で規格化したHSI空間において明度値を I_1 から I_2 へ濃度変換すると、双六角錐カラーモデルにおいては、明度値の変化すると同時に彩度値も S_1 から S_2 へと変換されている。

【0039】色形式変換手段3の出力である明度値 I_j はダイナミックレンジ改善処理部4に入力される。ダイナミックレンジ改善処理部4は、図2のステップS2に示すように、明度値 I_j に対して所定のダイナミックレンジ改善処理を施す。

【0040】図1に示すように、ダイナミックレンジ改善処理部4は、領域分割手段6と、濃度変換曲線作成手段7と、濃度変換手段8とから構成されている。そして、図6に示すように、濃度変換曲線作成手段7は、濃度ヒストグラム作成手段11、エントロピー算出手段12、エッジ度合算出手段13、コントラスト操作クリップ値決定手段14、濃度シフト操作クリップ値決定手段15、第1クリッピング手段16、第2クリッピング手段17、および累積ヒストグラム作成手段18から構成されている。

【0041】領域分割手段6は、図7のステップS21～S22に示されているように、入力された明度画像に対して領域分割と、領域境界の空間的量子化を行う。まず、ステップS21では、入力画像のテクスチャを解析し、この解析結果に基づいて入力画像を複数の領域に分割する。本発明の第1の実施の形態では、下記の式[1]に示すLOG(Laplacian Of Gaussian)フィルタを入力画像に演算するフィルタリング処理により領域を決定している。図8(a)に示す画像を領域分割した結果を図8(b)に示す。

【0042】

【数1】

$$\nabla^2 \times G(x,y) = \frac{1}{\pi \sigma^4} \left[1 - \frac{r^2}{2\sigma^2} \right] \exp \left[\frac{-r^2}{2\sigma^2} \right] \cdots \text{式 [1]}$$

【0043】ここで、テクスチャ解析による領域分割の結果と、人間が同一の画像を見て手動で領域分割した結果とは異なることが多い。よって、上記テクスチャ解析による領域分割の結果をそのまま用いると、両者の結果の異なる部分が人間の目には不自然に感じられる。

【0044】そこで、本発明の第1の実施の形態では、次のステップS22では、画素単位で解析された上記領域分割の結果を、多少の解像度を下げ、量子化している。具体的には、図8(c)に示すように、入力画像を正方形ブロックに分割して、同図(b)に示す領域分割の結果と重ね合わせ、領域の境界に該当する正方形ブロック

については、領域の占有率に応じていずれの領域に属するかを決定する。これにより、図8(b)に示す領域分割の結果が、同図(d)に示すように量子化される。

【0045】領域分割手段6で空間的に量子化された画像データは濃度変換曲線作成手段7内の濃度ヒストグラム作成手段11に入力される。濃度ヒストグラム作成手段11では、図7のステップS23に示すように、濃度ヒストグラムを領域毎に作成する。

【0046】濃度変換曲線作成手段7では、基本的に

は、濃度ヒストグラムを領域毎に作成し、次に累積ヒストグラムを領域毎に作成して、その累積ヒストグラムを用いて濃度変換を行う。しかし、この基本処理のみでは、例えば図9(a)に示す濃度ヒストグラムから同図(b)に示す累積ヒストグラムが作成され、入力濃度 I_{i0} を出力濃度 I_{o0} に濃度変換する場合、濃度ヒストグラムの頻度の高い濃度部分で累積ヒストグラムの値が急激に変化するため、過度にコントラストが強調されてしまう。

【0047】そこで、本発明の第1の実施の形態では、第1のクリップ値を導入することで過度のコントラスト強調を防止している。すなわち、図10(a)に示すように、濃度ヒストグラムに対して第1のクリップ値 CL を設定し、第1のクリップ値 CL より上の部分をクリップして取り出す。そして、図10(b)に示すように、上記クリップした部分を総和を平均化し、元の濃度ヒストグラムの下側に配置する。つまり、第1のクリップ値 CL 以上の部分のヒストグラムの総和の平均値が濃度ヒストグラムのバイアス値となっている。図10(c)の曲線 A_1 はクリップを行う前の濃度ヒストグラムから作成した累積ヒストグラムであり、曲線 A_2 はクリップ後の濃度ヒストグラムから作成した累積ヒストグラムである。二つの曲線の比較から明らかなように、クリップを行うことにより、累積ヒストグラムの値の急激な変化がなくなる。したがって、過度にコントラストが強調される事態が防止される。ここで、第1のクリップ値 CL が大きいと、濃度ヒストグラムの平滑化の度合いが大きく、第1のクリップ値 CL が小さいと、濃度ヒストグラムの平滑化の度合いが小さい。

【0048】ここで、図11(a)に示すような、既に濃度ヒストグラムの濃度値のばらつきが大きい、換言すればダイナミックレンジの広い領域については、ダイナミックレンジの狭い画像出力装置で出力しても、細部情報が消失しにくい。一方、図11(b)に示すような、濃度ヒストグラムの濃度値のばらつきが小さい、すなわちダイナミックレンジの狭い領域については、ダイナミックレンジの狭い画像出力装置で出力すると、細部情報が消失するおそれが大きいため、濃度ヒストグラムを平滑化してダイナミックレンジを広げる必要がある。

【0049】そこで、本発明の第1の実施の形態では、領域毎に濃度ヒストグラムの濃度値のばらつき具合を求め、このばらつき具合に応じて、濃度ヒストグラムの平滑化の度合いを左右するクリップ値 CL を決定する。具体的には、エントロピー算出手段12が下記の式[2]を用いてエントロピー H を算出し、図11(c)に示す特性を用いて第1のクリップ値 CL を求める。

【0050】

【数2】

$$E = \sum_{n=0}^N \{-p(n) \log p(n)\} \quad \cdots \text{式 [2]}$$

$p(n)$: 濃度 n の出現頻度

【0051】このとき、空や白壁のような、元々全体に濃度差の少ない物体を含む領域の場合、濃度ヒストグラムの濃度値のばらつき具合のみでヒストグラムの平滑化の度合いであるクリップ値を決定すると、過剰な処理が行われる可能性がある。そこで、本発明の第1の実施の形態では、テクスチャの複雑さを加味してクリップ値を再決定する。

【0052】テクスチャの複雑さを示す指標として、ここでは、領域分割の一手法として提案したLOGフィルタとの演算によって取得される、エッジ抽出結果を用いる。 σ 値(空間定数)が大小2種類のLOGフィルタを画像に演算するフィルタリング処理を行うと、その σ 値の大きさにより異なるエッジ抽出画像が取得される。その結果例を図12に示す。この図の(a)、(b)において右上部の太線で囲まれた領域は空を示している。この図から明らかなように、空など、人間が見て濃度差の無い部分に関しては、 σ 値の大小にかかわらず、その領域内の画像のエッジ数の差異は少ない。そこで、この特徴をテクスチャの複雑さを表す値として採用し、以下の式[3]によりクリップ値を再決定し、エッジ数の差異の小さい領域に関しては、平滑化の度合いを小さくする。

【0053】

【数3】

$$CL_{\text{new}} = CL_{\text{old}} \times \left[1 - \frac{\text{edge}_{\text{small}}}{\text{edge}_{\text{large}}} \right] \quad \cdots \text{式 [3]}$$

【0054】この式において、 CL_{old} は領域内の濃度のばらつき具合のみを基に決定したクリップ値、 CL_{new} は新しく決定したクリップ値、 $\text{edge}_{\text{small}}$ 、 $\text{edge}_{\text{large}}$ はそれぞれ σ 値が小、大の領域内のエッジ数である。ここで、 $\text{edge}_{\text{small}}$ 、 $\text{edge}_{\text{large}}$ は、エッジ度合算手段13により算出され、 CL_{new} はコントラスト操作クリップ値決定手段14により算出される。そして、第1クリッピング手段16により、クリップが実行される。

【0055】以上説明した、領域毎に行われるヒストグラムの平滑化は元来画像処理におけるコントラスト強調の手法であるため、そのテクスチャの種類によっては不自然な結果を生むことがある。例として人間の肌があげられる。特に、カラー画像に適用した場合、その色の差が顕著になり、あらが目立つ結果となる。そこで、本発明の第1の実施の形態では、ヒストグラムの平滑化の度合い、つまりコントラスト強調の度合いを弱め、かつ出力の際に生じる情報の消失を防ぐために、領域の明るさ補正を行う手法として第2のクリップ値を導入する。

【0056】第2のクリップ値は濃度ヒストグラムの下部に設定される。図13(a)に示すように、濃度ヒストグラムの全ての濃度値において、第2のクリップ値CL₂以下の部分を取り去り、その総和を最小濃度値(0)もしくは最大濃度値(255)の頻度に足し合わせる。なお、図13(b)は最小濃度値に足し合わせた場合を示した。そして、このようにクリップされた濃度ヒストグラムを用いて、累積ヒストグラムを作成し、それを正規化したものを濃度変換曲線とする。図13(c)の曲線A₃はクリップを行う前の濃度ヒストグラムから作成した累積ヒストグラムであり、曲線A₄はクリップ後の濃度ヒストグラムから作成した累積ヒストグラムである。この濃度変換曲線の形状から分かるように、第2のクリップ値を導入することにより、コントラスト強調の度合いが弱まり、かつ領域全体の明るさ均一に変化した結果を得ることができる。ここで、濃度シフト操作クリップ値決定手段15により第2のクリップ値が決定され、第2クリッピング手段17によりクリップが実行される。第2のクリップ値は、第1のクリップ値と比例関係を持たせることが好適である。

【0057】そして、累積ヒストグラム作成手段18により、第1クリッピング手段16および第2クリッピング手段17でクリップされた濃度ヒストグラムを用いて、累積ヒストグラムが作成される。以上説明したエントロピー

算出手段12から第1クリッピング手段16および第2クリッピング手段17までの動作は図7のステップS24に対応し、累積ヒストグラム作成手段18の動作はステップS25に対応する。

【0058】累積ヒストグラム作成手段18で作成された濃度変換曲線は、濃度変換手段8へ出力される。濃度変換手段8は、ステップS26に示すように、領域毎に異なる累積ヒストグラムを濃度変換曲線として領域内の各画素の濃度変換を行う。ただし、領域の境界が不連続にならないようにするために、境界に該当する正方形ブロック内の各画素については、以下のような線形補間処理を行う。

【0059】図14(a)に示すように、注目画素の濃度値を、この画素が属するブロックB₁および近傍の三つのブロックB₂、B₃、B₄のそれぞれの濃度変換曲線を用いて濃度変換し、変換後の濃度値g₁、g₂、g₃、g₄を得る。次に、下記の式[4]に基づいて、線形補間後の濃度値g(x, y)を算出する。つまり、前記濃度値g₁、g₂、g₃、g₄を、四つのブロックB₁、B₂、B₃、B₄の中心から注目画素までの距離に応じて重み付けする。

【0060】

【数4】

$$g(x,y) = \frac{J-j}{J} \left\{ \frac{1-i}{1} g_1 + \frac{i}{1} g_2 \right\} + \frac{j}{J} \left\{ \frac{1-i}{1} g_3 + \frac{i}{1} g_4 \right\} \cdots \text{式 [4]}$$

【0061】濃度変換手段8から出力された、濃度変換処理を施された明度画像情報I₀₁は、色形式逆変換手段5に入力される。色形式逆変換手段5は、図2のステップS4に示すように、前記明度画像情報I₀₁と、色形式変換手段3の出力である色相情報Hおよび彩度情報Sとを用いて、ダイナミックレンジの改善されたRGB原色カラー画像情報を生成する。このカラー画像情報は、図示されていないプリンタやモニタに入力され、印刷あるいは表示される。

【0062】(第2の実施の形態) 本発明の第2の実施の形態は、明度値を明度範囲の中央のレベルに近づけることにより、彩度のダイナミックレンジを広げて画像の視認性を向上させることが特徴である。

【0063】図15は本発明の第2の実施の形態の撮像装置の構成を示すブロック図であり、図16はその撮像装置における処理の流れの概要を示すフロー図である。これらの図において、図1あるいは図2と同一または対応する構成要素には、それらの図に使用した符号と同一の符号を付した。

【0064】本発明の第2の実施の形態では、図15に示すように、彩度強調処理部21と、セクタ22とを設け、図16のステップS3に示すように、彩度情報補正のための明度情報処理を行うことが特徴であり、その他の構成および動作は前述した本発明の第1の実施の形態と同じである。

【0065】彩度情報補正のための明度情報処理は、色の鮮やかさ情報のダイナミックレンジを広げるために明度値に対して以下の処理を加えるものである。彩度値がある程度の大きさを持っている場合、つまり図4の円筒座標系においてI軸から離れているほど、彩度値のダイナミックレンジがより広くなる方向へ明度値を移動させる処理を行う。この処理により、彩度値がある程度大きい場合、色の鮮やかさがより分かりやすくなることで、画像の視認性を向上させることができる。ここで、彩度値のダイナミックレンジがより広くなる方法とは、図17に示すように、明度値を最大値の1/2(明度値の範囲が0~255の場合、128)に近づける方向である。具体的には、彩度情報処理部21により、各画素に対

して、 $I < 128$ の場合には下記の式〔5〕によって、また $I \geq 128$ の場合には下記の式〔6〕によって明度値を算出する。

【0066】

$$I_{o2} = I_i + (S \times \Delta_{\max}) \quad \cdots \text{式〔5〕}$$

【0067】

$$I_{o2} = I_i - (S \times \Delta_{\max}) \quad \cdots \text{式〔6〕}$$

【0068】これらの式において、 I_{o2} は移動後の明度値、 I_i は元の明度値、 S は彩度値、 Δ_{\max} は移動最大値である。したがって、式〔5〕、〔6〕は、 $0 \sim 1$ の値を持つ彩度値 S に対して、移動最大値 Δ_{\max} を掛け合わせた後、元の明度値が 128 より小さいときは足し合わせ、大きいときは引くことを意味する。図18に $I < 128$ の場合の一例を示した。

【0069】彩度強調処理部21で算出された、式〔5〕または〔6〕の明度値 I_{o2} は、ダイナミックレンジ改善処理部4によって第1の実施の形態と同じ処理を施され出力された明度値 I_{o1} とともにセクタ22に入力される。そして、より 128 に近いほうがその画素の明度値 I_{o3} として採用され、色形式逆変換手段5に入力される。

【0070】このように、本発明の第2の実施の形態によれば、第1の実施の形態の効果に加えて、彩度値がある程度大きい場合、色の鮮やかさをより分かりやすくなることで、画像の視認性を向上させることができる。

【0071】なお、本発明は以上説明した実施の形態に限定されるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、上記第1の実施の形態において、上記RGB→HSI変換、HSI→RG変換に要する時間を短縮するために下記(1)～(3)のように処理しても良い。

【0072】(1) RGB値から明度値 I を算出し、同時にRGB値を保存する。

(2) 明度値に対するダイナミックレンジ改善処理を実行する。

【0073】(3) (1)で保存したRGB値を基に、RGBカラー画像を再算出する。つまり、彩度情報、色相情報を算出しないことが相違する。処理後のカラー画像データは第1の実施の形態と同じである。

【0074】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明のカラー画像処理方法および処理装置によれば、円筒座標系で規格化した色相／彩度／明度空間の明度値に対してダイナミックレンジ改善処理を施すことで、彩度値に対しても同時に同程度の改善処理が可能となる。

【0075】また、本発明のカラー画像処理方法によれば、第1のクリップ値を導入することにより、濃度ヒストグラムに頻度の高い濃度部分があったとしても、過度のコントラスト強調を防止することができる。

【0076】さらに、本発明のカラー画像処理方法によれば、各領域のテクスチャの複雑さを加味して第1のク

リップ値を決定することにより、濃度差の少ない物体を含む領域に対する過剰なコントラスト強調処理を防止することができる。

【0077】そして、本発明のカラー画像処理方法によれば、第2のクリップ値を導入することにより、コントラスト強調の度合いを弱め、かつ領域全体の明るさ均一にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の撮像装置の構成を示すブロック図、

【図2】図1の撮像装置におけるカラー画像処理の流れの概要を示すフロー図、

【図3】双六角錐カラーモデルを説明するための図、

【図4】円筒座標系で規格化したHSI空間を説明するための図、

【図5】円筒座標系で規格化したHSI空間と双六角錐カラーモデルとの対応関係を示す図、

【図6】図1の撮像装置における濃度変換曲線作成手段の構成を示すブロック図、

【図7】図1の撮像装置におけるダイナミックレンジ改善処理部の処理の流れの概要を示すフロー図、

【図8】図1のダイナミックレンジ改善処理部における領域分割手段の動作を説明するための図、

【図9】ヒストグラムの平滑化を説明するための図、

【図10】第1のクリップ値を説明するための図、

【図11】第1のクリップ値の決定方法を説明するための図、

【図12】 σ 値の異なるエッジ抽出画像の取得例を示す図、

【図13】第2のクリップ値を説明するための図、

【図14】濃度変換手段における線形補間方法を説明するための図、

【図15】本発明の第2の実施の形態の撮像装置の構成を示すブロック図、

【図16】図15の撮像装置におけるカラー画像処理の流れの概要を示すフロー図、

【図17】図15の撮像装置における彩度情報補正のための明度情報処理を説明するための図、

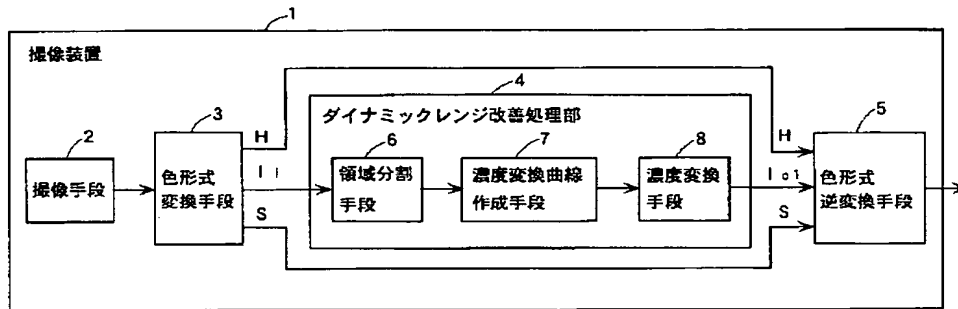
【図18】図17の明度情報処理を実現する方法を説明するための図、

【図19】従来の階調補正の方法を説明するための図である。

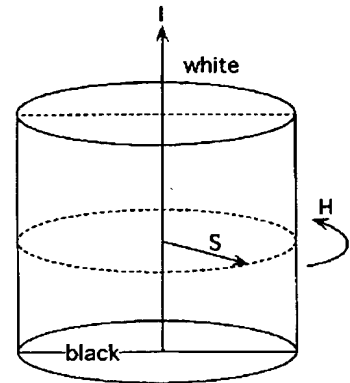
【符号の説明】

- 3 色形式変換手段
- 4 ダイナミックレンジ改善処理部
- 5 色形式逆変換手段
- 6 領域分割手段
- 7 濃度変換曲線作成手段
- 8 濃度変換手段

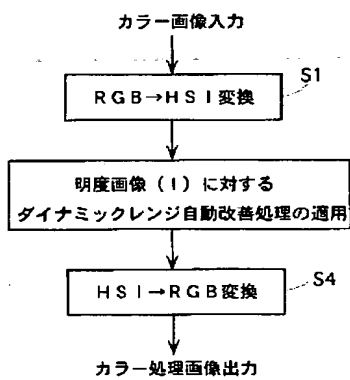
【図1】



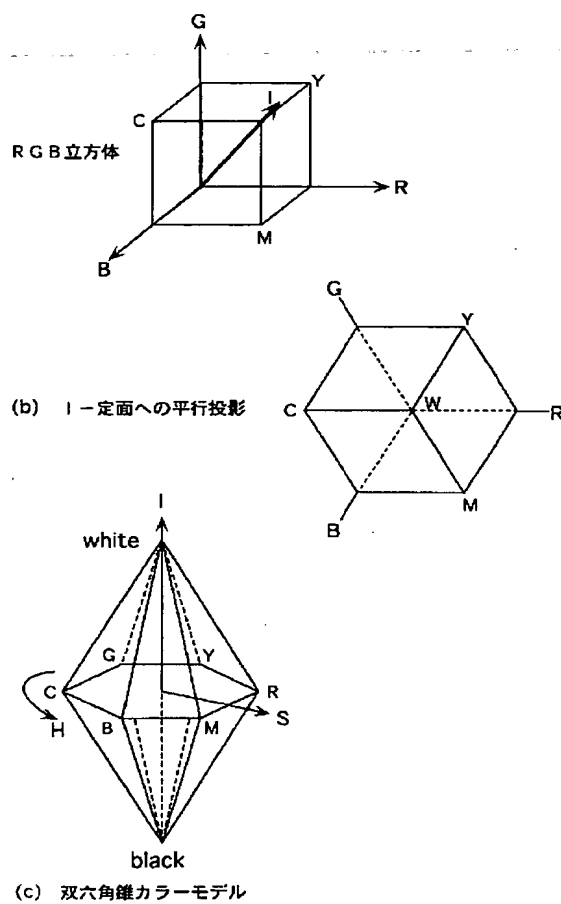
【図4】



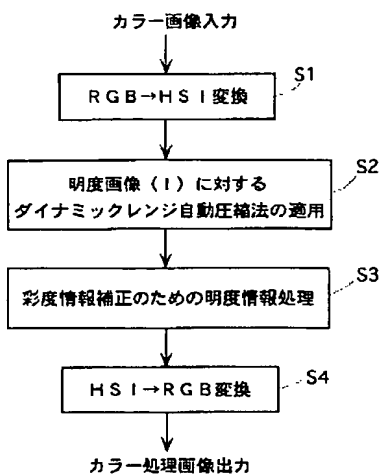
【図2】



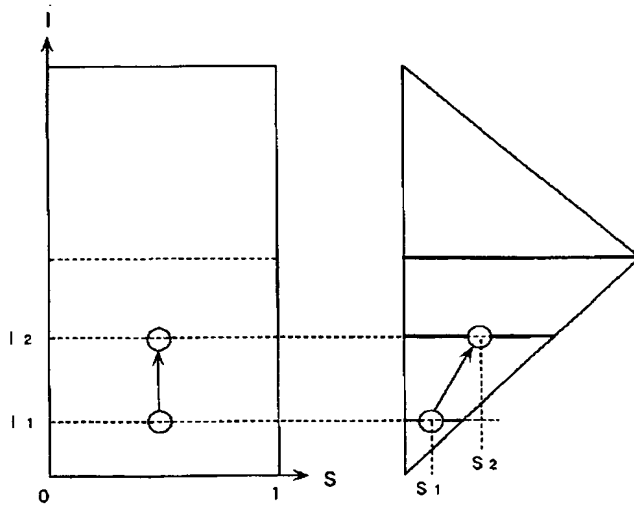
【図3】



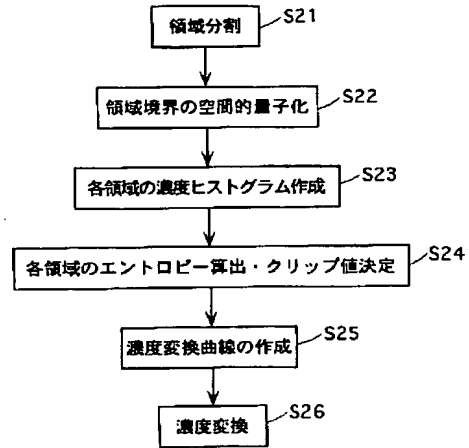
【図16】



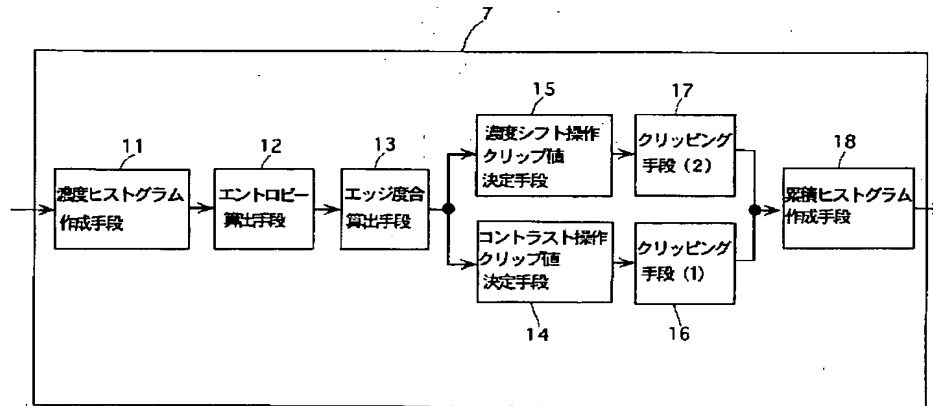
【図5】



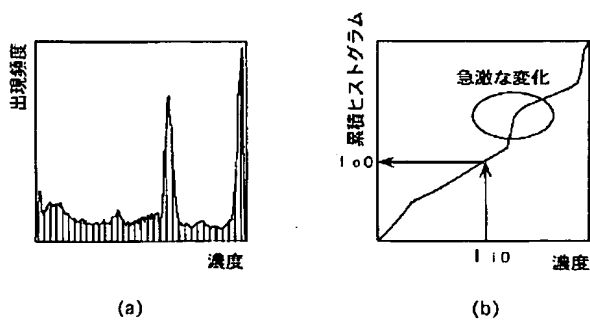
【図7】



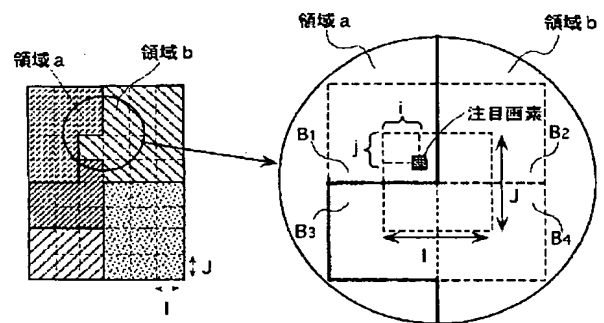
【図6】



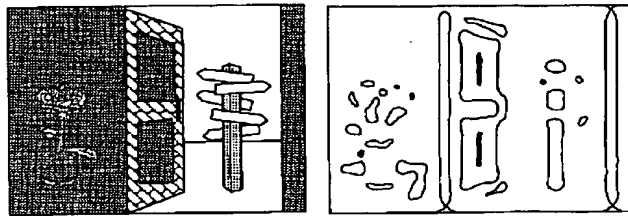
【図9】



【図14】

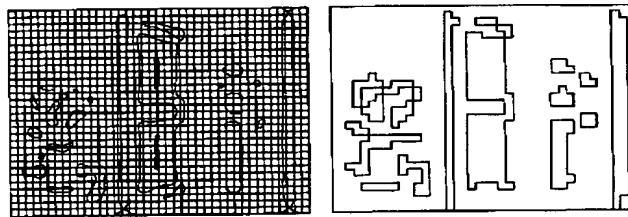


【図8】



(a)

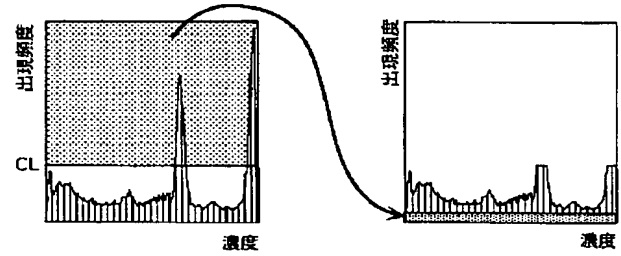
(b)



(c)

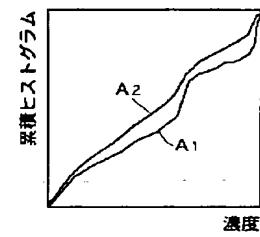
(d)

【図10】



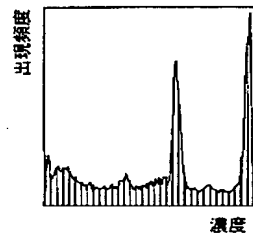
(a)

(b)

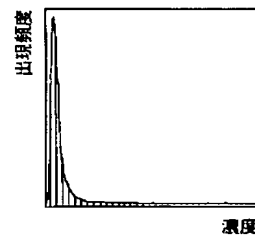


(c)

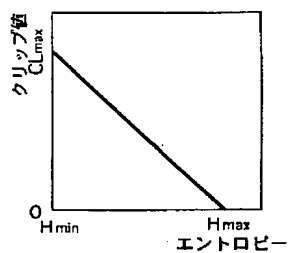
【図11】



(a)



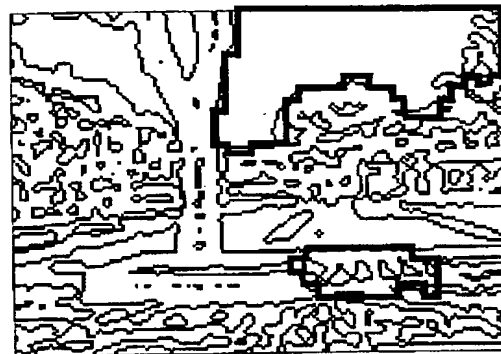
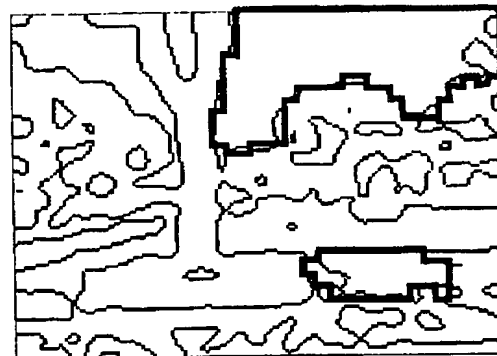
(b)



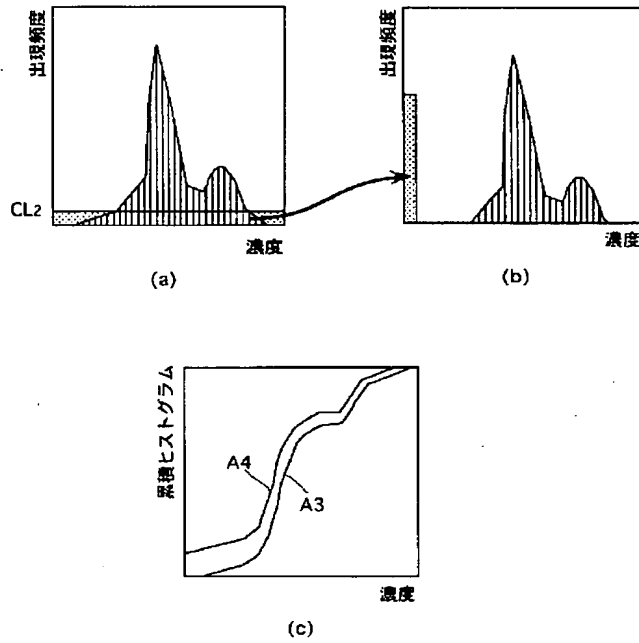
(c)

Hmin: 全領域のエントロピーの最小値
Hmax: 全領域のエントロピーの最大値
CLmax: 経験的に決定された値

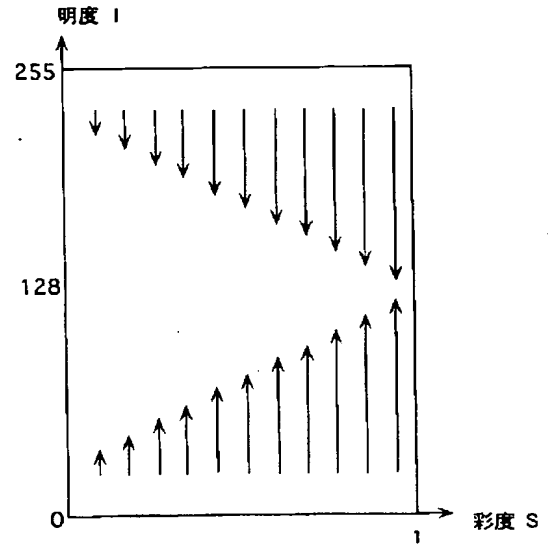
【図12】

(a) $\sigma=1.5$ (b) $\sigma=3.0$

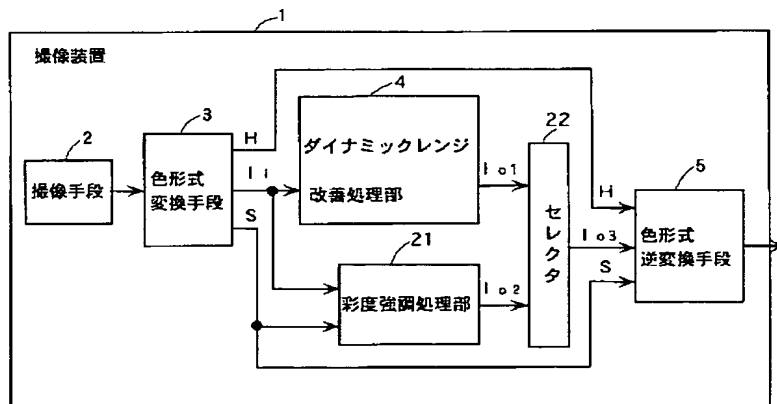
【図13】



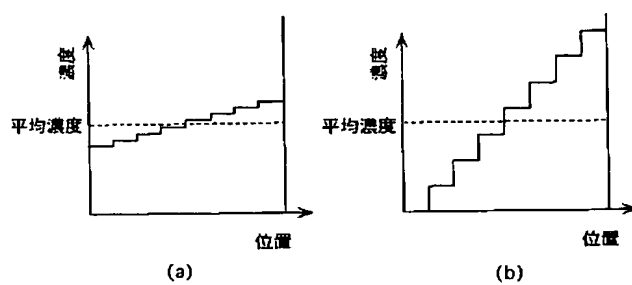
【図17】



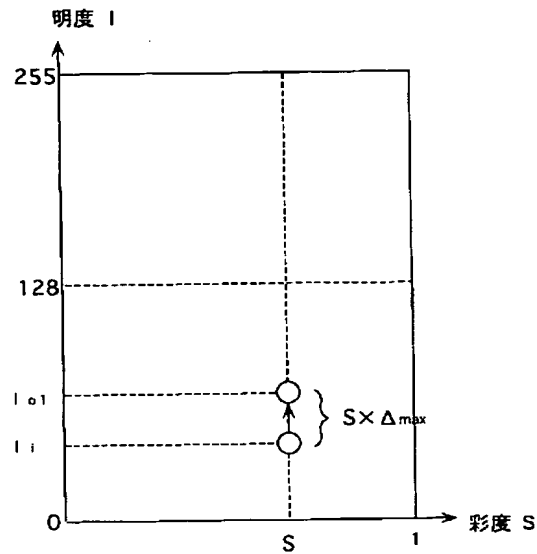
【図15】



【図19】



【図18】



フロントページの続き

(72) 発明者 今井 聡子
神奈川県横浜市港北区日吉三丁目14番1号
慶應義塾大学理工学部内

Fターム(参考) 5B057 CA01 CA08 CA12 CB01 CB08
CB12 CC02 CE05 CE17 CH18
DA08 DB02 DB06 DB09 DC23
DC25
5C066 AA01 CA07 EA03 EA11 EA19
EC01 EE04 GA01 KA08 KE05
KM02
5C077 LL19 MP08 PP02 PP14 PP15
PP21 PP31 PP32 PP35 PP37
PP47 PQ19 TT09
5C079 HB01 HB06 HB11 LA12 LA15
LA39 LB02 MA11 NA00 PA00

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.